KISEP Head and Neck Korean J Otolaryngol 2003;46:414-8

수직 후두부분 적출술 후의 음성분석

아주대학교 의과대학 이비인후과학교실,[1] 연세대학교 의과대학 이비인후과학교실[2]
김철호[1] · 정상호[2] · 신중욱[2] · 김영호[2] · 최홍식[2] · 김광문[2] · 최은창[2]

Voice Analysis after the Vertical Partial Laryngectomy

Chul-Ho Kim, MD[1], Sang Ho Jung, MD[2], Joong Wook Shin, MD[2], Young-Ho Kim, MD[2], Hong Sik Choi, MD[2], Kwang-Moon Kim, MD[2] and Eun Chang Choi, MD[2]

[1]Department of Otolaryngology, Ajou University School of Medicine, Seoul; and [2]Department of Otorhinolaryngology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

ABSTRACT

Background and Objectives : It is generally believed that reconstruction of the glottic region after vertical partial laryngectomy (VPL) can improve glottic and supraglottic function. But reports on secondary healing without glottic reconstruction after VPL are lacking. This study attempts to obtain an objective phonatory data after VPL without glottic reconstruction. **Materials and Method** : From 1993 to 2001, 13 patients, who had been treated with VPL without glottic reconstruction, and 44 patients who underwent VPL were included in this study. Patients who had been followed up postoperatively less than 12 months were excluded from this study. Seven lesions were classified as T1 glottic cancer and six as T2 glottic cancer ; classic VPL (11 cases) and frontolateral VPL (2 cases). For the evaluation of voice, acoustic (fundamental frequency (Fo), jitter, shimmer, noise to harmonic ratio (NHR)), aerodynamic (maximal phonation time (MPT), mean flow rate (MFR)) analysis and videostroboscopy were done. **Results** : There were significant differences in Fo, jitter, shimmer, NHR, MPT and MFR between VPL group and the normal control group. In videostroboscopy, the following tendencies were observed in many cases : incopmplete glottic closure, decreased and irregular mucosal wave and amplitude, supraglottic voicing, abnormal arytenoid movement and anterior commissure blunting. **Conclusion** : We had objective phonatory data after VPL without glottic reconstruction, which showed that voice quality after VPL without glottic reconstruction were somewhat unsatisfactory. Further studies on other surgical techniques of VPL would help to elucidate better ways of improving voice quality in these patients. **(Korean J Otolaryngol 2003;46:414-8)**

KEY WORDS : Hemilaryngectomy · Vocal function.

서 론

T1, T2 조기 성문암의 경우에 후두의 발생학적인 특징과 해부학적인 요인 때문에 비교적 좁은 절제연(resection margin)으로도 종양학적으로 안전하므로 이에 따른 다양한 보존적 후두적출술이 널리 사용되어지고 있다. 수직부분 후두적출술의 경우 1875년 Billroth에 의해 처음으로 시작된 이후 술 후의 결손부위에 의해 발생될 수 있는 흡인이나 음성변화의 원인이 되는 성대부전(glottic incompetence)을 최소화하고자 다양한 성대재건술이 발전해 왔다. 이러한 재건술에는 각종 피부, 이상와 점막, 피대근, 후두개와, 유리 근육, 유리 지방 및 근막 등이 이용되고 있다.[1)] 일반적으로 성문의 재건이 음성보전에 도움이 되는 것으로 알려져 있으나 Hirano 등은 하인두 점막, 구순, 연골막과 피부 등을 이용하여 성문을 재건하였음에도 불구하고 음성분석의 결과에서는 만족할만한 결과를 얻지 못하였다고 하였다.[2)] 저자들은 지난 수년간 수직부분후두적출술 후 성문을 재건하지 않고 이차적 치유에 의해 신성문을 얻은 바 있다.

본 연구는 수직부분 후두적출술 후 성문을 재건하지 않은 예 중 추적관찰기간이 1년이 넘은 환자를 대상으로 음향학적 검사, 공기역학적 검사, 후두스토로보스코피를 시행하여 술 후 성대의 폐쇄여부, 진동부위의 변화 및 양상, 이차적인 구조변화와 성대의 보상기전 등에 대해 관찰하고 이를 통해 음성변화의 원인을 알아보고자 하였다.

논문접수일 : 2002년 10월 23일 / 심사완료일 : 2003년 2월 18일
교신저자 : 최은창, 120 - 752 서울 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 이비인후과학교실
전화 : (02) 361 - 8470 · 전송 : (02) 393 - 0580
E - mail : eunchangmd@yumc.yonsei.ac.kr

대상 및 방법

대 상

대상은 1993년 3월부터 2001년 3월까지 신촌 세브란스 병원에서 T1, T2 조기 성문암으로 수직부분 후두적출술을 시행받은 44명의 환자 중 피열연골을 보존하고 성대의 재건술을 시행하지 않은 환자로 술 후 추적기간이 1년이 지났고 음성검사가 가능했던 13명을 대상으로 본 연구를 시행하였다. 이중 11예에서 전형적인 수직부분 후두적출술(classic vertical partial laryngectomy), 2예에서 전측방후두부분적출술(frontolateral vertical partial laryngectomy)을 시행하였다. 모든 환자는 병리학적 검사상 편평세포암종이였고 본 연구에서 술전 방사선치료를 시행한 경우와 술후 12개월이 되지 않은 경우는 제외하였다. 남녀비를 보면 13명의 환자 중 남자가 12명이었고 여자가 1명이었으며 연령은 38세에서 74세로 평균 58.9세였고 평균 추적관찰 기간은 49개월이었다(Table 1). 정상군은 폐질환, 신경계질환이나 후두질환 등의 병력이 없고 이학적 검사상 발성 및 청각 기관에 이상이 없는 30세에서 63세(평균 48.7)의 무작위 추출된 성인남자 12명과 여자 1명을 대상으로 하였다.

음성검사

음성분석을 위하여 음향분석검사는 Kay사의 Computerized Speech Lab 4300B(CSL)의 Multi-Dimensional Voice Program(model MDVP #4305)으로 시행하였고 공기역학검사는 동일회사의 Aerophone II(model AP2 #6800)을 사용하였다. 음향학적 검사에서는 기본주파수(fun-damental frequency), jitter, shimmer, noise-to-harmonic ratio을 측정하였으며, 공기역학적 검사중에서는 최대발성지속시간(maximum phonation time, MPT), 평균호기율(mean flow rate, MFR)을 측정하였다. CSL의 측정시에는, 환자에게 마이크를 입에서 약 10 cm가량 거리를 두도록 한 후, 가능하면 평상시와 같은 높이와 크기로 약 3초간 ' 아 '를 지속적으로 발성하도록 하였으며, CSL 중 최종 분석 자료는 2회 이상 실시한 음성 재료 중 가장 평상시 목소리에 가까운 것을 선택하였으며, 발성 시간 3초 중 1초 내외의 가장 전형적인 부분을 편집하여 분석하였다. 최대발성지속시간의 측정시에는 숨을 충분히 들이마신 후 마스크를 얼굴에 밀착시키고 ' 아 '를 평상시와 같은 높이와 크기로 최대한 오래 지속하여 발성하도록 하였으며, 3회 실시한 음성 재료 중 가장 발성시간이 길었던 재료를 선택하였으며, 발성 시작과 발성 종결 사이를 분석 대상으로 하였다. 후두 스트로보스코피검사는 Kay 70° telescope model 9150를 이용하였다. 통계는 정상대조군과 수직부분 후두적출술을 시행한 군의 음성분석수치를 SAS system(8.1 version)을 이용하여 t-test분석을 시행하였고 $p<0.05$를 유의한 것으로 판정하였다.

결 과

음향학적 검사

기본주파수(Hz)

정상대조군에서는 평균 125.8±18.4 Hz이었고 수직부분 후두적출술을 시행받은 환자군에서는 평균 179.5±50.3 Hz로 수직부분 후두적출술을 시행받은 군에서 기본주파수가 증가된 것을 볼 수 있고 두 군간의 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p-value : 0.0228)(Table 2).

Jitter(%)

정상대조군에서는 평균 0.43±0.14%였고 수직부분 후두적출술을 시행받은 군에서는 평균 6.1±4.63%로 술 후에 증가된 것으로 나타났고 두 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p-value : 0.0020)(Table 2).

Table 1. Subjects who received vertical partial laryngectomy without glottic reconstruction

Case	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sex/Age	M/64	M/68	M/70	M/59	M/38	M/56	M/74	M/60	M/60	M/57	F/53	M/57	M/64
TN	T2N0	T2N0	T1N0	T2N0	T1N0	T1bN0	T2N0	T1N0	T2N0	T1N0	T1bN0	T1N0	T2N0
Op	VPL	VPL	VPL	VPL	VPL	FL	VPL	VPL	VPL	VPL	FL	VPL	VPL

Op : operation, VPL : vertical partial laryngectomy, FL : frontolateral laryngectomy

Table 2. Acoustic and aerodynamic analysis of normal group and vertical parital laryngectomy group

	Fo	Jitter	Shimmer	NHR	MPT	MFR
Case	179.5±50.3	6.1 ±4.64	1.33±0.64	0.41±0.19	9.39±3.37	0.35±0.18
Control	125.8±18.4	0.93±0.14	0.29±0.21	0.15±0.04	22.2±6.93	0.18±0.09

Fo : fundamental frequency (Hz), Jitter (%), Shimmer (dB), NHR : noise to harmonic ratio, MPT : maximal phonation time (sec), MFR : mean flow rate (L/sec)

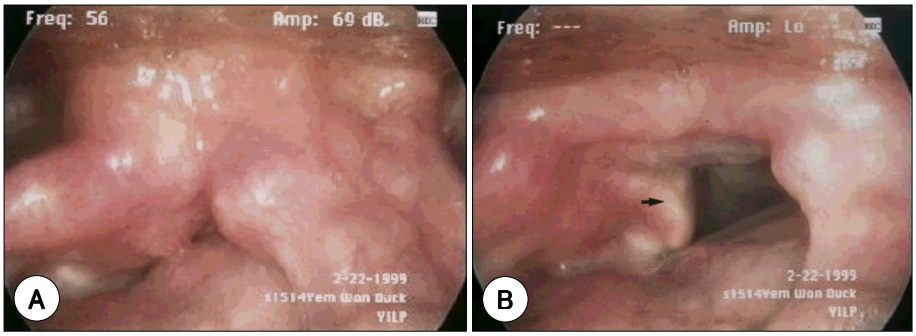

Fig. 1. Stroboscopic finding of right post-hemilaryngectomy patient (postoperative 23 months). Hyperadduction of supraglottic area and incomplete closure during vibratory cycle are noted (Arrow point to the neoglottis). A : Adduction of glottis, B : Abduction of glottis.

Shimmer(dB)

정상대조군에서는 평균 0.29±0.21 dB였고 수직부분 후두적출술을 시행받은 군에서는 평균 1.33±.64 dB로 술 후에 증가된 것으로 나타났고 두 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p - value : 0.0001)(Table 2).

Noise to harmonic ratio(dB)

정상대조군에서는 평균 0.15±0.04 dB였고 수직부분 후두적출술을 시행받은 군에서는 평균 0.41±0.19 dB로 술 후에 증가된 것으로 나타났고 두 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p - value : 0.0009)(Table 2).

공기역학적 검사

최대발성 지속시간(sec)

정상대조군에서는 평균 22.2±6.93 sec였고 수직부분 후두적출술을 시행받은 군에서는 평균 9.39±3.37 sec로 술 후에 감소된 것으로 나타났고 두 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p - value : 0.0001)(Table 2).

평균 호기율(L/sec)

정상대조군에서는 평균 0.18±0.07 L/sec였고 수직부분 후두적출술을 시행받은 군에서는 평균 0.35±0.18 L/sec로 술 후에 증가된 것으로 나타났고 두 군간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p - value : 0.00108)(Table 2).

후두 스트로보스코피 검사

성문폐쇄부전

성문폐쇄에 있어서 진동주기(vibratory cycles)동안 13예 중에 6예에서는 성문폐쇄가 완전하지 않았다. 이러한 불완전한 성문폐쇄는 수직부분 후두적출술을 시행받은 부위의 용적감소와 신성대(neoglottis)가 충분한 진동(vibration)과 진폭(amplitude)을 갖지 못하는데 기인하며 일부에서는 성대전연합의 부위의 구조적 변형과 성대내전시 피열연골이 전내측으로의 비정상적인 운동으로 인하여 발생하였다(Fig. 1).

진동부위

13예 모두에서 정도의 차이는 있었지만 성대의 진동과 진폭이 감소되거나 불규칙적인 성대진동이 관찰되었다. 이러한 감소는 술 후의 재생된 신성대(neoglottis)뿐 아니라 수술하지 않은 정상부위에서도 많은 예에서 관찰이 되었다. 성문상부인 가성대, 피열연골부와 후두개와 등이 성대부위의 폐쇄부전을 보상하기 위해 성대내전에 앞서 과도하게 내전하는 현상(supraglottic hyperadduction)으로 음성의 질이 떨어진 경우가 5예에서 관찰되었는데 이 경우 발성시에 성문상부에서 불규칙적인 점막파동이 관찰되었다.

후두의 비정상적인 운동

후두의 비정상적인 운동으로 정상측의 피열연골이 성대내전시에 비정상적으로 전내측으로 과도하게 움직이는 현상이 4예에서 관찰되었고 앞서 기술한대로 성문상부의 과내전(hyperadduction)하는 현상이 5예에서 관찰되었다.

후두의 구조적 변화

전측방후두부분적출술을 시행받은 2예 중 1예에서 술 후의 과도한 육아종(granulation) 형성등의 치유과정을 통해 전연합(anterior commissure)이 제대로 형성되지 않아 구형(ovoid)의 성대모양으로 변형되었고 이 경우에도 점막의 파동은 성문상부에 불규칙한 형태로 관찰되었다. 4예에서는 성문상부의 발적과 부종을 동반하였다.

고 찰

후두의 기본적인 기능은 호흡, 발성, 하부기도의 보호 기능이라고 말할 수 있다. 이러한 측면에서 볼 때 보존적 후두적출술의 목적은 이와같은 기능을 최대한 살리면서 후두

암을 완전히 제거하는 데 있다고 할 수 있다. 따라서 제거되고 남은 조직이 적절히 치유되거나 재건을 통해 보충되어, 성대의 적절한 폐쇄(glottic competence)를 통해 흡인을 방지하고 원만한 발성을 이루는 것이 보존적 후두적출술의 목적이다. 이러한 목적을 이루고자 1875년 Billroth에 의해 처음으로 수직부분 후두적출술이 시행된 이래 다양한 성대재건술이 시도되고 발전되어 왔다. 성대재건술로 처음 기술된 것은 1903년 Gluck이 피부조직을 이용한 것이었다.[1] 1917년에 이상와 점막을 이용하여 보전한 피열연골부위의 결손부위를 보충하였고 이후 Som에 의해 더욱 발전되었다.[3] 수직부분 후두적출술 후에 가장 많이 이용되는 재건술중에 하나는 피대근과 갑상연골의 연골막을 이용한 재건방법으로 다양한 방법으로 여러사람에 의해 발전되어 이용되었다.[1] 후두개와도 이러한 재건술의 하나로 여러 가지 방법으로 사용되었으며 유리조직 즉 근육, 지방조직, 근막 등을 이용한 방법들도 이용되었다.[1] 이러한 재건술은 성대발성에서 가장 중요한 요소 중 하나인 성대의 내전으로 인한 폐쇄에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있고 이렇게 재건된 부위는 비록 진동이 일어나지 않더라도 성문과 성문상부 기능을 향상시키는 것으로 알려져 있다.[1] 그러나 다양한 방법에 의한 재건술이 존재하나 술 후 음성기능에 있어 탁월한 방법으로 제시된 것은 없으며 1987년 Hirano 등은 수직부분 후두적출술 후에 피대근과 다양한 조직 - 하인두 점막, 구순 점막, 연골막, 피부 - 을 이용한 재건술에서 술후 음성분석상 만족할 만한 결과를 얻지 못했다.[2] 이 연구에서 일반적으로 사용되는 피대근의 경우 술 후 시간이 지나면서 점차 근육이 위축(atropy)되는 현상을 기술하였고 이를 위해 보다 큰 근육조직을 넣은 결과 기도가 좁아져서 장기간 기관튜브를 유지해야하는 문제가 있었으며 유리조직의 경우 괴사되는 예도 있었음을 보고하였다. 재건술에 이용된 조직간의 비교에서 보면 피부조직보다는 하인두와 구순 점막을 이용한 경우에 성대진동과 성대폐쇄라는 측면에서 우수하였고 음성결과도 좋았다.[1] 이러한 재건술에 반하여 1990년 Leeper 등에 의해 재건술을 시행하지 않고 이차적 치유(no reconstruction with secondary healing)한 증례를 대상으로 음성분석을 시행한 결과를 보고하였다.[4]

본 연구는 성대재건술을 시행하지 않은 수직부분 후두적출술환자 중 피열연골을 보전했던 증례를 대상으로 연구하였고 술 후 1년이 지난 환자들을 대상으로 하였는데 이는 수술직후에는 특별한 문제가 없던 경우에도 시간이 지나면서 구조적인 변화를 겪는 경우도 있고 보상작용으로 인한 기능적 변화가 초래되기도 한다.[5] 이러한 변화가 성대폐쇄와 성대진동에 영향을 주며 후두의 기본적인 형태에 영향을 주므로 장기간의 추적 후의 결과가 수술 후의 변화를 보는데 더 적절하다고 판단된다.

음향학적인 검사에서 기본주파수는 정상대조군에 비해 통계적으로 의미있게 증가된 것으로 나타났는데 이는 Hirano와 Blaugrund에 의한 보고에서 기본주파수가 정상보다 감소했다는 결과와는 다른 결과를 보였다.[2)5)] 일반적으로 기본주파수는 진동하는 부분의 길이가 짧을수록, 경도(stiffness)가 증가할수록, 질량(mass)이 감소할수록, 성문하압이 커질수록 크기가 커지는 것으로 알려져 있다. 기존의 연구에서는 이에 대해 뚜렷한 분석을 하고 있지 않아 본 연구와 비교하기 어려우나 본 연구에서의 기본주파수 감소는 재건 과정없이 이차적 치유과정을 거친 수술부위의 길이감소, 경도의 증가와 질량의 감소가 원인이 될 것으로 판단되나 이에 대해서는 보다 많은 증례를 통한 검증이 필요하리라 판단된다. 또한 본 연구에서는 기본 주파수 변화의 주된 원인이 되는 성문하압에 대한 검사를 시행하지 않았는데 이에 대한 검사를 통해 복합적인 인과관계에 대한 조사가 필요하리라 생각된다.

Jitter와 shimmer도 정상 대조군에 비해 통계적으로 유의하게 증가된 것으로 나타났다. Jitter의 수치는 실제로 9.6%와 8.4%로 아주 높게 나온 수치를 제외하면 평균 jitter 값은 크게 감소한다. 일반적으로 jitter와 shimmer가 주로 성대의 안정성(vocal stability)을 반영하는 것으로 성대간의 비대칭성, 공기흐름의 장애, 성대내 점액질의 작용, 모세혈관의 분포 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.[6] 이러한 현상은 후두스트로보스코피상 술 후에 새로 형성된 신성대에서 나타났으며 점막파동의 비대칭적 움직임, 불규칙성에 의해 거친(rough) 음성의 원인이 된다고 판단된다. 이러한 음성변화는 성대의 부종과 발적과도 관련이 있다고 생각된다.

Noise to harmonic ratio도 정상대조군에 비해 통계적으로 유의하게 증가되었는데 이는 성대의 불규칙한 진동 및 불완전한 성문폐쇄에 의해 noise가 증가하기 때문이며[7] jitter와 shimmer의 성분의 증가가 harmonics성분을 감소시키고 noise성분을 증가시키므로 jitter와 shimmer의 의미있는 증가가 noise to harmonic ratio도 증가시킨 것으로 보인다.[8]

공기역학적 검사로는 최장발성지속시간과 평균호기율을 측정하였는데 최장발성지속시간은 통계적으로 유의하게 감소하였고 평균호기율은 유의하게 증가하였다. 이러한 변화의 가장 큰 원인은 정도의 차이는 있으나 한쪽 성대의 절제로 인한 조직손실과 성대의 덮개에 해당하는 점막과 점막하층이 반흔 조직으로 대치됨에 따라 발생한 불완전 성대

폐쇄가 원인이 되는 것으로 생각되며 최장발성지속시간의 경우 특히 낮게 측정된 3명의 환자에 의한 영향이 컸던 것으로 보여진다.

후두 스트로보스코피 검사는 음향학적 검사와 공기역학적 검사상에서 나타난 음성변화의 원인을 알아내고 추정하는데 매우 유용한 검사라고 생각되며 특히 술 후 시간이 지남에 따라 나타나는 후두의 보상적 움직임과 구조적 변형을 관찰하는데 큰 도움이 되었다. 여러 음성지표변화의 가장 큰 원인은 후두 스트로보스코피상 검사시 관찰되었던 진동주기상의 성문폐쇄부전이라고 생각된다. 비록 이러한 성문폐쇄부전이 대부분의 증례에서는 경미한 정도였지만 음성지표에는 큰 영향을 준 것으로 추측된다. 이러한 현상은 다양한 성대재건술을 시행한 Hirano 등의 연구에도 81%의 환자에서 발견되었던 현상이라 성대재건술이 이러한 현상을 극복할 수 있는 대안이라 결론내리기는 어려울 듯 하다. 따라서 이러한 술 후에 발생하는 성문폐쇄부전을 극복하기 위해서는 향후 유사한 조건에서의 다양한 성대재건술과 술 후 음성위생법 및 약물치료 등을 통한 비교연구가 필요하리라 판단된다. 정도의 차이는 있었지만 술 후에 재생된 신성대의 진동의 감소와 정상측의 진동과 진폭의 감소도 음성지표의 변화에 중요한 역할을 하였다고 생각된다. 정상측의 성대진동과 진폭의 감소에는 불완전한 성문폐쇄와 후두의 부종과 발적 등이 전반적으로 영향을 준 것으로 판단된다. 전연합이 제대로 형성되지 않아 구형(ovoid shape)의 성대모양을 갖게 된 증례의 경우는 전측방후두부분적출술을 시행후 과도하게 형성된 육아종으로 레이저절제를 시행받았는데 치유과정에서 이와같은 구조적 변형이 초래되었다. 4예의 증례에서 발적과 부종이 발견되었는데 술 후 1년이상 지난 환자에서 이러한 현상이 보이는 것은 후두암 환자에서 잘 나타나는 위식도 역류현상이 원인으로 추정된다.[9] 위식도 역류인 경우 이를 억제하는 약물치료가 후두의 발적과 부종을 감소시켜 음성지표의 향상시키리라 생각된다.[9]

결 론

수직부분 후두적출술을 시행받은 환자에서 정상대조군에 비해 기본주파수, jitter, shimmer, noise to harmonic ratio과 평균호기율은 통계적으로 의미있게 증가하였고 최대발성지속시간은 통계적으로 의미있게 감소하였다($p<0.05$). 이러한 음향학적 검사와 공기역학적 검사는 술 후 환자의 음성평가에 있어 객관적이고 비교하기 용이한 검사로 여겨졌으며 후두 스트로보스코피검사는 이러한 음성변환의 원인을 알아내는데 중요하고도 용이한 검사방법이라 판단되었다. 수직부분 후두적출술을 시행한지 1년이 지난 환자의 후두스트로보스코피 검사상 성문폐쇄부전, 불규칙한 성대진동과 진폭의 감소, 성대내전시 피열연골의 비정상적인 움직임, 후두의 발적과 부종 그리고 일부 환자에서 보인 후두의 구조적 변화가 관찰되었다. 본 연구는 대상군으로 수직부분 후두적출술 시행 후 재건술을 시행하지 않고 이차적인 치유과정을 거친 환자를 대상으로 하였는데 대상환자군의 음성의 질에 있어서는 다소 만족스러운 결과를 얻지는 못하였으나 보다 많은 증례를 통한 분석이 필요하리라 판단되며 술식의 유용성여부는 다양한 재건술을 이용한 다른 술식과의 보다 객관적이고 표준화된 비교방법을 통해 재고되어야 할 것으로 사료된다.

중심 단어 : 수직 후두부분 적출술 · 음성 검사.

REFERENCES

1) Burgess LPA. *Laryngeal reconstruction following vertical partial laryngectomy Laryngoscope 1993;103:109-32.*
2) Hirano M, Kurita S, Matsuoka H. *Vocal function following hemilaryngectomy. Ann Otol Rhinol Laryngol 1987;96:586-9.*
3) Som ML. A *modified technique for cordal carcinoma with extension posteriorly. Arch Otolaryngol 1951;54:524-33.*
4) Leeper HA, Heeneman H, Reynolds C. *Vocal function following vertical hemilaryngectomy: A preliminary investigation. J Otolaryngol 1990;19:62-7.*
5) Blaugrund SM, Gould WJ, Haji T, Meltzer J, Bloch C, Baer T. *Voice analysis of the partially ablated larynx: A prelimiary report. Ann Otol Rhinol Laryngol 1984;93:311-7.*
6) Hirano M. *Clinical examination of voice. In Arnold GE, Winckel F, Wyke BD: Disorders of human communication 5. Springer-Verlag Wien New York, Wien ;1981. p.56-64.*
7) Yanagihara N. *Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness J Speech Hear Res 1967;10:531-41.*
8) Eskenazi L, Chikders DG, Hicks DM. *Acoustic correlates of vocal quality J Speech Hear Res 1990;33:298-306.*
9) Kim SG, Choi HS, Kong SC, Hong WP. *Acoustic analysis of Reinke's edema. J Korean Logo Phon 1996;7:11-9.*